

УДК 612.825.8:613.685

Особливості оцінки якості операторської діяльності з використанням профілю надійності

В. В. Кальниш, А. В. Швець

Українська військово-медична академія, Київ

Резюме

У роботі запропонований новий підхід до визначення надійності операторської діяльності за допомогою побудови профілю надійності кожного оператора, побудованого на основі моделювання інформаційної складової його професійної діяльності. Показано, що використання профілю надійності операторської діяльності відкриває нові та широкі перспективи в розумінні поведінки людини в умовах виникнення різноманітних ситуацій при виконанні професійних обов'язків та забезпечує більш точну оцінку надійності роботи.

Ключові слова: профіль надійності операторської діяльності, психофізіологічні характеристики, радіотелеграфісти.

Клин. информат. и Телемед.
2013. Т.9. Вып.10. с.123–130

Вступ

Проблема психофізіологічного забезпечення надійності діяльності операторів має досить відпрацьовані теоретичні основи та чіткі практичні результати, завдяки дослідженням багатьох авторів [4, 13, 14, 17, 19]. Стрімко розвиваючись, вона за короткий час набула загальнодержавного значення в нашій країні. Разом з тим, приділення сучасними дослідниками значної уваги проблемі надійності операторської діяльності свідчить про те, що дане питання ще далеке від вирішення.

Академік А. І. Берг дуже влучно визначив сутність цієї проблеми, назвавши її вічною [3]. Поки буде мати місце рух технічної думки і відповідно створення нової техніки та технологій, проблема надійності, здобуваючи задовільне вирішення на сучасний момент, з неминучістю буде по-новому виникати в майбутньому та ніколи не буде завершеною. А тому вона вимагає до себе постійної уваги.

Порівняльний аналіз систем різної природи (біологічних та технічних) виявив наявність загального і специфічного в забезпеченні їх надійності. Було показано, що поняття надійності не може обмежуватися рамками спеціальних наук. Про надійність і відповідні механізми її забезпечення можна міркувати під кутом різних рівнів організації матерії (атомний, молекулярний і клітинний), щодо систем живої природи та суспільства. Для правильного розуміння надійності діяльності доречно буде дати її дефініцію як імовірного показника, що характеризує здатність людини безвідмовно, ефективно, і із заданою

точністю виконувати діяльність протягом певного часу за певних умов, при збереженні життя, здоров'я та працездатності як самого працівника, так і осіб, з якими він поєднаний спільною діяльністю [1].

У психофізіологічному розумінні надійність головним чином розглядалася в контексті методів її визначення [1]: як імовірність безпомилкової роботи; стабільність характеристик точності виконання завдань; запас резервних можливостей людини, які можуть бути включені в діяльність у випадку ускладнення ситуації; здатність підтримувати робочі параметри в умовах дії екстремальних чинників.

Наявність проблеми надійності багато в чому пов'язана з тою обставиною, що людина-оператор за різноманітними причинами може допускати в процесі своєї діяльності помилки різного характеру. Отже, доцільно відзначити, що проблема надійності оператора сформувалася з проблеми появи помилок [4, 12]. Зазвичай, при вивченні причин помилок визначають дві основні їх групи: випадкові та закономірні [4]. Випадкові помилки оператора складають тільки 12% від їх загальної кількості та носять дуже нестійкий, тимчасовий характер. Вони спостерігаються при виконанні як складних, так і простих стереотипних дій. Установити їхню причину вкрай важко. Іноді випадкові помилки відбуваються внаслідок ослаблення уваги, зниження чутливості аналізаторів залежно від часу доби, тривалості зміни тощо. Закономірні помилки можна не тільки виявити, але й передбачити. Вони, як правило, обумовлені наступними причинами: недостатньою професійною підготовкою (нестійкістю навичок, недостатньою навченістю, втратою навичок після тривалої перерви

в роботі тощо); зміненним станом людини (хворобою, стомленням, емоційною напруженістю, передстартовою «лихоманкою», зниженням працездатності через вплив на організм шкідливих чинників праці тощо); індивідуальними професійно важливими психофізіологічними якостями оператора (недостатність уваги, пам'яті та ін.); індивідуальними особистісними професійно важливими якостями оператора (недостатня спрямованість, недисциплінованість, небаліст, переоцінка своїх можливостей тощо); ергономічною невідповідністю устаткування місця оператора; недоліками в організації управління професійною діяльністю. Кожний з перерахованих факторів може сприяти появі помилок у оператора.

Численні дослідження підтверджують вплив на надійність діяльності та процес прийняття рішень: складності завдань та інформаційних перевантажень [14, 17, 19]; різноманітних зовнішніх чинників [11, 13]; статі [8]; віку [12]; рівня розвитку професійно важливих якостей, навичок [18] і так далі. Тому існує значна кількість класифікацій помилок оператора, які, як правило, задовольняють таким критеріям:

- а) місце помилки в структурі ергатичної системи;
- б) зовнішній прояв помилки;
- в) наслідки помилки;
- г) характер відображення помилки у свідомості оператора;
- д) причини помилки.

Причини помилок можуть бути пов'язані з наступними факторами:

- а) робочим місцем оператора (організацією інформаційної моделі діяльності та органів управління);
- б) режимом праці та відпочинку;
- в) професійною підготовкою;
- г) функціональним станом;
- д) робочою мотивацією;
- е) стосунками в колективі.

Звідси витікає і розмаїття методів визначення надійності.

Вартість людських помилок особливо гостро стала відчуватися зі створенням і широким поширенням складних автоматизованих систем управління. Часом, розплата за неправильні або несвоєчасні дії оператора, який управляє такими системами, проявляється не тільки у вигляді зниження показників ефективності і якості функціонування цієї системи, економічних втрат, але й в загибелі людей [4, 14]. Внаслідок цього при вирішенні завдання, спрямованого на забезпечення належної надійності функціонування автоматизованих систем управління, важливе, якщо не вирішальне, значення має те, наскільки надійно виконує свої функції її інтегральна, найбільш відповідальна ланка — людина.

Найбільш простим і популярним методом оцінки надійності оператора є визначення ймовірності безпомилковості (або помилковості) його професійної діяльності. Цей метод має незаперечну перевагу в тім, що одержувана оцінка не опосередковано, а прямо відбиває надійність роботи оператора. Однак у ньому є і недоліки. Наприклад, дослідження безпосередньо реального об'єкта (професійної надійності), як правило, недоступне або організаційно досить важке (особливо у випадку розвитку аварійних ситуацій). Крім того, кількість помилок професіонала доволі низька і тому точна оцінка надійності оператора вимагає великого проміжку часу для обліку помилкових і безпомилкових дій. Тому часто виникає потреба в моделюванні окремих компонентів діяльності у позавиробничих умовах. Додатково можна відмітити, що при неоднаковій складності розв'язуваних завдань і темпі їхнього пред'явлення, а також внаслідок дії інших факторів та їх сполучень, виникають істотно неоднакові, тобто неадитивні ситуації, які сприяють появі помилок. Складність виконуваних операцій може бути обумовлена різним темпом пред'явлення завдань, неоднаковим обсягом даних, що запам'ятовуються, різною структурою логічних операцій при переробці інформації або іншими аспектами діяльності. Свідченням цьому можуть служити дані про час і кількість операцій, виконуваних працівником (наприклад, диспетчером електричних мереж) у штатній і аварійній ситуаціях [6], які значною мірою визначають складність формування його адекватних реакцій. Було чітко показано, що робота в аварійній ситуації значною мірою відрізняється від такої в штатній за параметрами навантаження на ті, або інші психофізіологічні функції працюючої людини [7]. Таким чином, можна констатувати, що умови появи помилок не є адитивними. Тому оцінка надійності за допомогою визначення ймовірності помилкової діяльності, тобто шляхом підсумовування кількості помилок, що з'являються в різноманітних ситуаціях, не веде до отримання об'єктивного результату.

При визначенні механізмів професійної надійності можна опиратися на положення Л. Г. Дікої [5] про множинність і багатогранність існуючих механізмів регуляції надійності людини. А оскільки організованість будь-якої матеріальної системи проявляється в інтеграції функцій її структурних компонентів [2, 10], критеріями оцінки професійної надійності оператора можуть виступати ступінь цілісності системи саморегуляції і рівень взаємозв'язку її структурних компонентів. Отже — надійність діяльності

людини-оператора є складним параметром, у якому необхідно враховувати і семантичні (змістовні) її аспекти і темп діяльності, а також функціональний стан людини. Тому метою цього дослідження стало створення нового підходу до оцінки надійності операторської діяльності з урахуванням неадитивності умов появи помилок.

Матеріали та методи

Об'єктом досліджень була однорідна група операторів (40 чоловіків, віком 18–23 р.), які безперервно виконували професійні обов'язки радіотелеграфіста протягом доби. Дослідження психофізіологічних характеристик цих осіб проводили в ранковий час (з 800 до 900 години) до початку та безпосередньо після добового чергування [15].

Психофізіологічні характеристики реєстрували за допомогою спеціального апаратно-програмного комплексу, що був розроблений у Харківському національному університеті радіоелектроніки [9]. Методики оцінки психофізіологічних функцій були реалізовані з використанням захисних непрозорих окулярів із вмонтованими різноманірними світлодіодами, що забезпечують стандартизацію пред'явлення подразників і належну контрастність фону та стимулу. Програмне забезпечення розроблене з використанням Microsoft .NET Framework 3.5 мовою С#, що дозволяє при необхідності трансформувати його в інші операційні системи (наприклад, Linux тощо) і може використовуватися на IBM-сумісних комп'ютерах з операційними системами Windows 2000/XP/Vista/7/8.

Діагностування надійності роботи здійснено за допомогою модифікованої методики Н. В. Макаренка [12], реалізованої зі зворотним зв'язком, що моделює найпростішу операторську діяльність.

Стан вищих відділів ЦНС визначали за показниками функціональної рухливості (ФРНП) та сили (СНП) нервових процесів при дії зорових сигналів, а також латентних періодів психомоторних реакцій: простої зоровомоторної на червоний подразник — ПЗМР та складної зоровомоторної на сигнали червоного та зеленого кольору — СЗМР. За цими показниками була обчислена різниця між простою та складною психомоторними реакціями, яка відображає час

вибору (ЧВ) або швидкість центральної переробки інформації [12].

Для визначення ступеня втоми за параметрами лабільності нервових процесів було розраховано показник кольорової асиметрії – KI [15] за формулою:

$$KI = \frac{KЧСМ_{чс} - KЧСМ_{зс}}{KЧСМ_{чс} + KЧСМ_{зс}},$$

де $KЧСМ_{чс}$, $KЧСМ_{зс}$ – показники критичної частоти світлових миготінь відповідно для червоного та зеленого кольорів.

За показник ФРНП приймалась гранично коротка експозиція при пред'явленні 200 умовних зорових подразників – червоного, зеленого та синього (гальмівний подразник) кольорів, при якій обстежуваний правильно диференціював збуджуючі та гальмівні подразники. Крім того, враховувався загальний час роботи та відсоток правильних натискань при виконанні завдання.

Для оцінки інших показників за результатами тестування кожного респондента також обчислена функція, яка адекватно (з достовірністю $p < 0,001$) описує криву зміни експозицій подразників у часі (t) при роботі в режимі зі зворотним зв'язком:

$$y = СНП + ІНП \times e^{(-АНП \times t)},$$

де $СНП$ інтерпретували як показник сили нервових процесів, а $АНП$ – як показник їх динамічності, також вважалося, що показник $ІНП$ віддзеркалює інерційність чи стійкість досліджуваних нервових процесів [15].

Аналіз результатів проводився за допомогою наступних методів: нелінійного регресійного, кластерного, двохфакторного дисперсійного та непараметричного кореляційного аналізу (за алгоритмом Спірмена), з використанням пакета програм STATISTICA 6.1.478.0. (№GGHGGJ6TUABC4RGRHBCG) [16].

Результати досліджень та їх обговорення

В даному дослідженні за припускається, що кожне з виконуваних оператором завдань викликає у нього напруження певних функцій організму, а вирішення завдань з більш високою складністю потребує від нього більших зусиль. Тому робота в умовах з гетерогенною складністю завдань є суттєво неоднаковою і за параметрами надійності їхнього

вирішення. Урахування цієї обставини зовсім ігнорується при оцінці надійності традиційним способом. Очевидно, при оцінці надійності діяльності варто враховувати той незаперечний факт, що імовірність появи помилки при вирішенні простих завдань є наднизькою, а при вирішенні надскладних максимально можливою. Виходячи із цих міркувань, доречно запропонувати універсальний опис зміни надійності діяльності при вирішенні широкого спектра завдань (за параметрами їх складності) за допомогою логістичної кривої. При аналізі цієї кривої в ній можна умовно виділити три ділянки: пологу – з максимально низькою імовірністю безпомилковості дій оператора (при вирішенні завдань із надвисокою для даної людини складністю); із плавно згасаючою імовірністю появи помилок (при вирішенні завдань середньої складності), а також ще одну пологу – з максимально високою імовірністю безпомилковості дій оператора (при вирішенні завдань низької складності). Формула, що описує логістичну функцію має вигляд:

$$p(\tau) = \frac{1}{1 + e^{(a-b\tau)}},$$

де $p(\tau)$ – імовірність прояву певного рівня надійності діяльності; τ – експозиція пропонованого для переробки сигналу ($мс$); a і b – коефіцієнти, що віддзеркалюють функціональний стан і рівень розвитку професійно важливих якостей оператора.

Отже, не значення, що описує деяку умовно усереднену імовірність появи помилки при традиційній оцінці надійності, а крива, що відображає весь спектр реакцій людини при вирішенні завдань різної складності, більш адекватно характеризує надійність професійної діяльності оператора. Таку криву можна назвати «профілем надійності діяльності». Доказом реального існування обговорюваної залежності можуть служити дослідження, що віддзеркалюють зміну імовірності появи помилок від складності пропонованої для переробки інформації у осіб, які перебувають у стані спокійного пильнування та у стресовій ситуації [11].

Як було підкреслено раніше, складність завдання може визначитися багатьма параметрами діяльності та зовнішнього середовища. Звужуючи це твердження (для певного спрощення аналізу надійності діяльності), розглянемо випадок появи помилок при зміні складності однакових за змістом завдань шляхом регуляції тривалості їх пред'явлення. У цьому випадку **профіль надійності діяльності (ПНД)** можна визначити як узгоджену сукупність характеристик, що представляє

собою лінію, побудовану за комплексом значень, які відображають відповідність імовірності правильного вирішення потоку завдань і швидкості їхнього пред'явлення, демонструючи трансформацію параметра надійності діяльності при ускладненні перероблюваної інформації. **Структура профілю надійності діяльності** свідчить про можливість адекватного реагування людини-оператора в різних умовах пред'явлення інформації та формування відповідних відповідей з урахуванням психофізіологічних якостей людини та її поточного функціонального стану.

Така крива більш адекватно віддзеркалює можливі варіанти поведінки людини при вирішенні завдань різної складності. Вона також характеризується наявністю «особливої» точки, коли різке зниження надійності дій оператора при високих рівнях складності розв'язуваних завдань змінюється ділянкою її поступового підвищення в умовах переробки завдань низької та наднизької складності. У психофізіології праці ця точка характеризує швидкість переробки оператором поданої йому інформації, в якій проявляється рівновага між числом правильних і помилкових дій ($ПНД_{50}$). У токсикології ця точка логістичної кривої також є «особливою» і визначається як LD_{50} .

Цікаво, що обговорюваний $ПНД$ є чутливим до змін функціонального стану людини. Зокрема, при розвитку стомлення після добового чергування радіотелеграфістів структура профілю надійності діяльності закономірно змінюється, характеризує погіршення можливостей стомленої людини переробляти інформацію [15]. Таким чином, $ПНД$ відображає не тільки формальну сторону зміни надійності діяльності від темпу пред'явлення завдань у різноманітних умовах і режимах діяльності, але й може служити характеристикою трансформації функціонального стану та рівня виразності професійно важливих якостей оператора.

Рішення питання про дослідження властивостей $ПНД$ проводилося в кілька етапів. Спочатку були побудовані логістичні криві, що описують $ПНД$ операторів за даними вирішення тестових завдань наприкінці зміни, коли працівники через накопичену утому були схильні робити більшу кількість помилок. Для виділення однорідних за ступенем надійності діяльності підгруп операторів був проведений кластерний аналіз індивідуальних $ПНД$. У результаті були виділені дві підгрупи осіб, що суттєво розрізняються за рівнем надійності діяльності (рис. 1). У підгрупу 1 потрапили радіотелеграфісти, надійність діяльності яких, виходячи з результатів

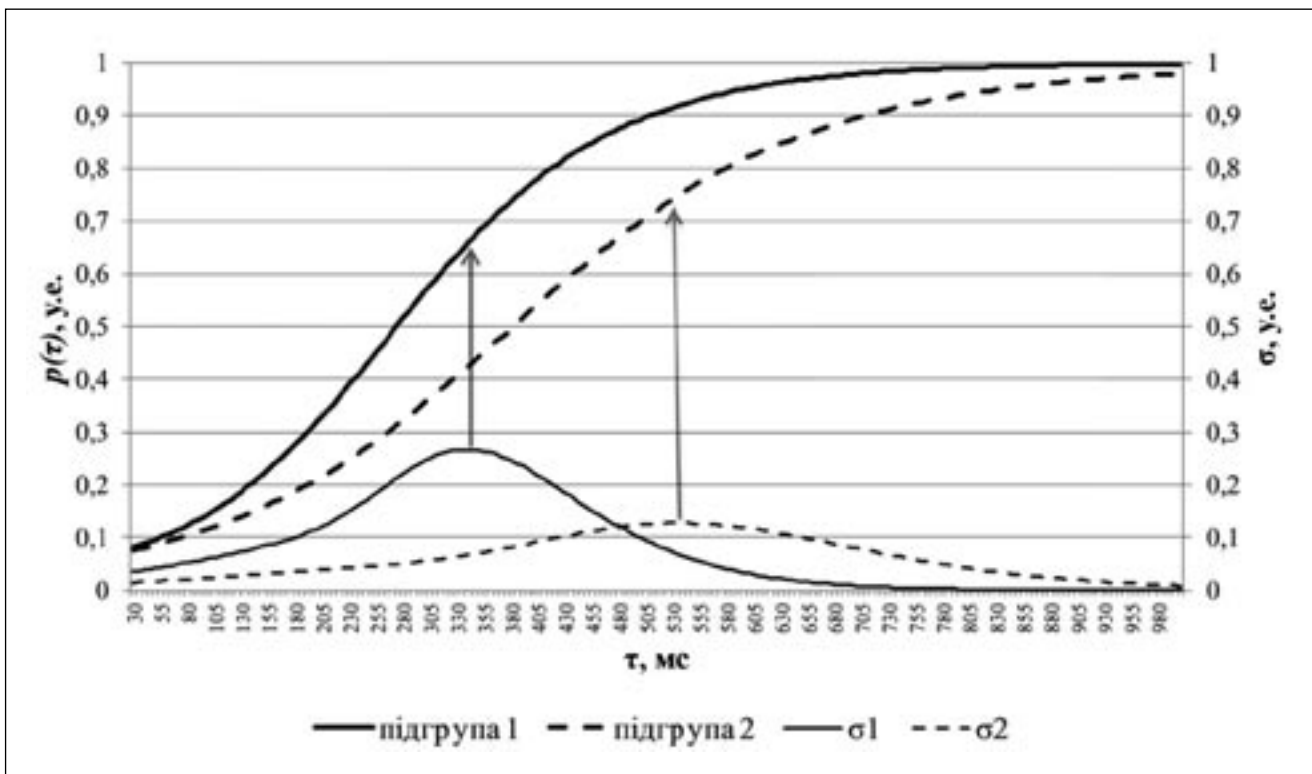


Рис. 1. ПНД підгруп з «великим» (підгрупа 1) і «низьким» (підгрупа 2) рівнем надійності діяльності.

$p(\tau)$ – імовірність прояву певного рівня надійності діяльності; $\sigma_1(\tau)$ – функція середніх квадратичних відхилень імовірності надійної діяльності для осіб підгрупи 1; $\sigma_2(\tau)$ – функція середніх квадратичних відхилень імовірності надійної діяльності для осіб підгрупи 2.

двохфакторного дисперсійного аналізу, вірогідно ($p < 0,001$) вища, ніж у підгрупі 2. Більша підгрупа (підгрупа 1) складається з осіб з «великим» рівнем надійності професійної діяльності (77,5%), а менша (32,5%) – з «низьким».

Тут необхідно підкреслити, що ступені свободи дій операторів при виконанні завдань різної складності позначаються на рівні варіації (оцінюваної показником середнього квадратичного відхилення – σ) імовірності надійності діяльності. Динаміка кривих варіації для обох підгруп $\sigma_1(\tau)$ і $\sigma_2(\tau)$ має дзвоноподібну форму, тобто ступені свободи дій операторів не є однаковими для різних швидкостей пред'явлення завдань. У кожній з цих функцій можна виділити явно виражений максимум. Причому, максимум $\sigma_1(\tau)$ має набагато більший рівень ($p < 0,01$), чим максимум $\sigma_2(\tau)$. Це свідчить про те, що розмаїтість реакцій у представників підгрупи з «високим» рівнем надійності професійної діяльності набагато більша, ніж у представників підгрупи 2.

Іншими словами, оператори, що мають істотний «потенціал» надійності можуть дозволити собі урізноманітнювати свої реакції у більшому ступені. Цікавим є той факт, що максимум кривої $\sigma_1(\tau)$ перебуває в області більш

високих темпів пред'явлення завдань у порівнянні з максимумом $\sigma_2(\tau)$. Однак, величина імовірності надійної діяльності у тому та іншому випадку досить близька і перебуває в діапазоні 0,65–0,75 (чи 65%–75% точних реакцій), тобто на більш «високому» рівні надійності діяльності, ніж точка прояву рівноваги між числом правильних і помилкових дій при вирішенні поточних завдань ($ПНД_{50}$). Таким чином, на профілі ПНД можна виділити ще одну «особливу» область ($ПНД_{65}$ – $ПНД_{75}$), що визначає швидкість переробки інформації в умовах прояву максимального ступеня свободи дій операторів.

Аналізуючи наведені закономірності доцільно порушити питання про встановлення критеріїв надійності операторської діяльності, рішення якого є важливим як з теоретичної, так і з практичної точки зору. Одним з підходів до вирішення цього питання є встановлення області коливань коефіцієнтів a і b логістичної кривої, що віддзеркалює індивідуальні ПНД операторів з «високим» рівнем надійності професійної діяльності. Для цього, по-перше, був отриманий середньогруповий або «нормативний» (по підгрупі з «великим» рівнем надійності) профіль – $ПНД_n$. Саме $ПНД_n$, певне,

може вважатися нормою при виконанні радіотелеграфістами своїх службових обов'язків. По-друге, за допомогою методу Монте-Карло і застосованого для встановлення достовірних розбіжностей кожної індивідуальної ПНД і $ПНД_n$ двухфакторного дисперсійного аналізу була виявлена область, де індивідуальне ПНД із відповідним сполученням коефіцієнтів a і b логістичної кривої ще могло трактуватися як ПНД, що належить до континууму $ПНД_n$ із імовірністю $p < 0,05$ для визначення осіб з «високою» або $p < 0,1$ для «задовільною» надійністю діяльності (рис. 2).

Достовірне відхилення параметрів індивідуальної ПНД від області $ПНД_n$ можна трактувати як «незадовільну» надійність професійної діяльності. Маючи координати виділеної області «високої» чи «задовільної» надійності діяльності можна за рівнем коефіцієнтів a і b індивідуальних ПНД приймати рішення про «задовільність» або «незадовільність» операторської діяльності конкретної людини. Як видно з рис. 2А певний відсоток представників підгрупи 1 не потрапив в область «високої» або «задовільної» надійності діяльності (25,9% при $p < 0,05$; 7% при $p < 0,1$). І, навпаки, деякі представники підгрупи 2

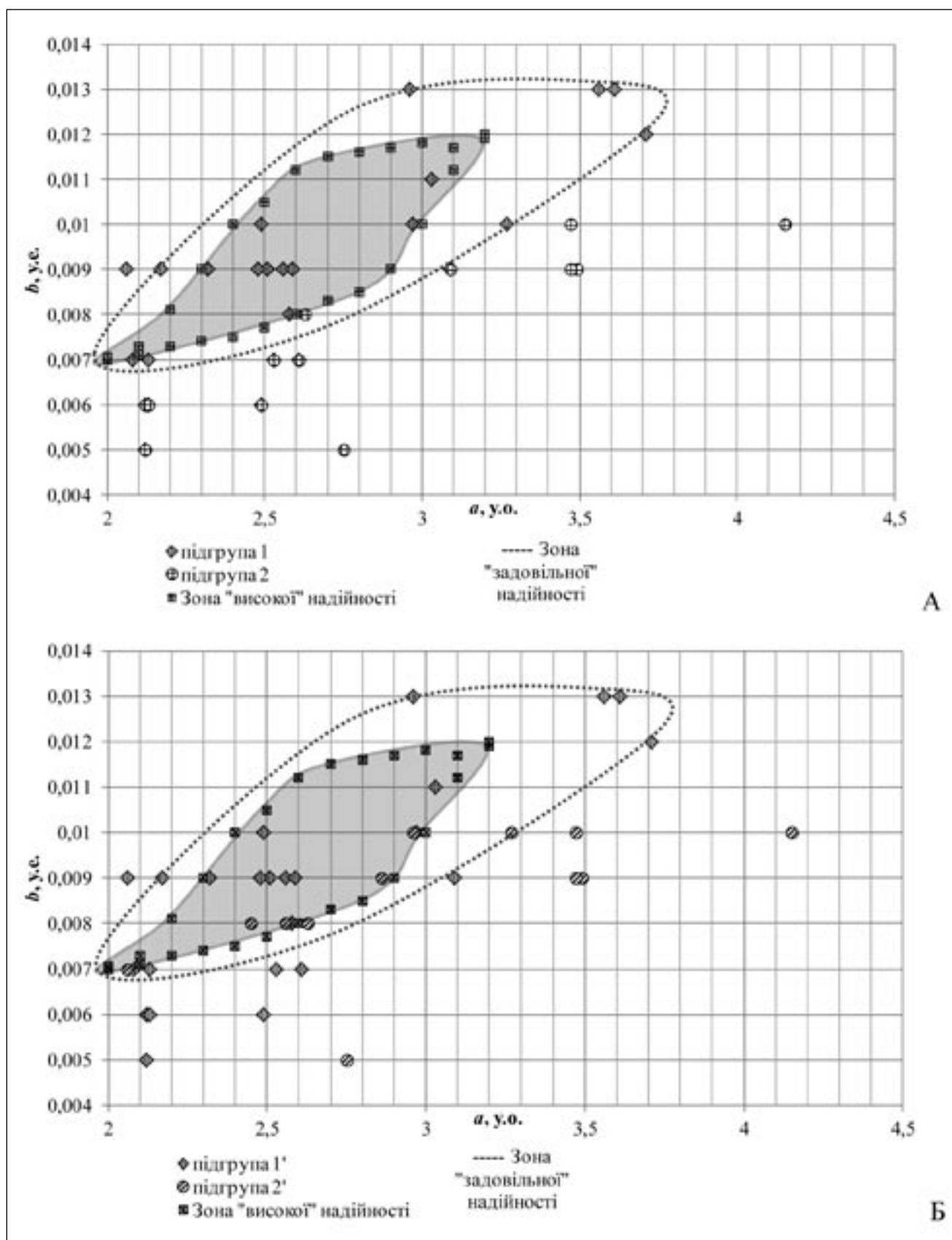


Рис. 2. Відповідність характеристик індивідуальних ПНД (a і b) «нормативній» («високої» та «задовільної») області надійності операторів для підгруп з різним рівнем надійності (А) та стомлення (Б).

(відповідно 7,7% при $p < 0,05$; 15,4% при $p < 0,1$) потрапили в цю область. Такий стан речей, імовірно, можна пояснити певною неточністю використаного методу кластерного аналізу, що розділив групу випробуваних на підгрупи з «великою» і «низькою» надійністю діяльності. Однак виявлення чітких меж області з «високою» і «задовільною» надійністю діяльності дозволяє підкорегувати допущену нечіткість первинної обробки результатів тестування.

Одним з прийомів подальшої перевірки якості роботи описаного двоступінчастого алгоритму був спосіб співвіднесення значень коефіцієнтів a і b для осіб, що мають істотні розбіжності у функціональному стані. Справа в тому, що попередньо за допомогою комплексу спеціальних прийомів був досліджений функціональний стан обстежених радіотелеграфістів [15]. Ця оцінка показала, що у частини з них функціональний стан можна описати терміном «помірне» стомлення (підгрупа 1'), а в іншій частині як «виражене» стомлення (підгрупа

2'). Природно, варто було б припустити, що підгрупа 2' не потрапить в область ПНДн, а підгрупа 1' – потрапить. Однак проведений аналіз показав, що в групу з «незадовільним» рівнем надійності потрапило 25% «помірно» стомлених операторів, а група з «високим» – складається з 37,5% осіб з «вираженим» стомленням (рис. 2Б).

Цей результат свідчить про те, що ступінь стомлення, як правило, істотно впливає на надійність операторської діяльності, але деякі оператори, що мають значні функціональні резерви, ще можуть якийсь час задовольняти критеріям надійності. Інші, які потрапили в підгрупу з «помірним» стомленням, уже вичерпали свої можливості в процесі добового чергування і не можуть надійно працювати.

Таким чином, проведені дослідження показали, що частина операторів, які мали стан, що можна трактувати як «виражене» стомлення, все-таки належить до континуума «надійних» операторів. Більша ж частина цієї підгрупи не може

задовольняти зазначеному критерію, і, отже, не може відповідати вимогам відповідної якості виконання завдань, що виконує радіотелеграфіст.

Виділена також підгрупа осіб, що не відноситься до області ПНДн, та має «помірний» рівень стомлення. Такий стан речей, очевидно, пов'язаний з тим, що ці особи не можуть в повній мірі виконувати роботу, хоча й можуть достатньо добре переносити тривалу змінну діяльність. Отримана розмаїтість приналежності або не приналежності до області ПНДн свідчить про те, що реакції операторів-радіотелеграфістів, які працюють в складних умовах добового чергування, можуть бути кардинально різними. Це необхідно враховувати під час їх допуску на чергування.

Для детального аналізу отриманих результатів було проведено кореляційний аналіз між коефіцієнтами a і b , «особливими» точками ПНД₅₀ та ПНД₇₀ (середній рівень між ПНД₆₅ та ПНД₇₅) індивідуальних ПНД – з іншими психофізіологічними характеристиками досліджуваних підгруп (рис. 3).

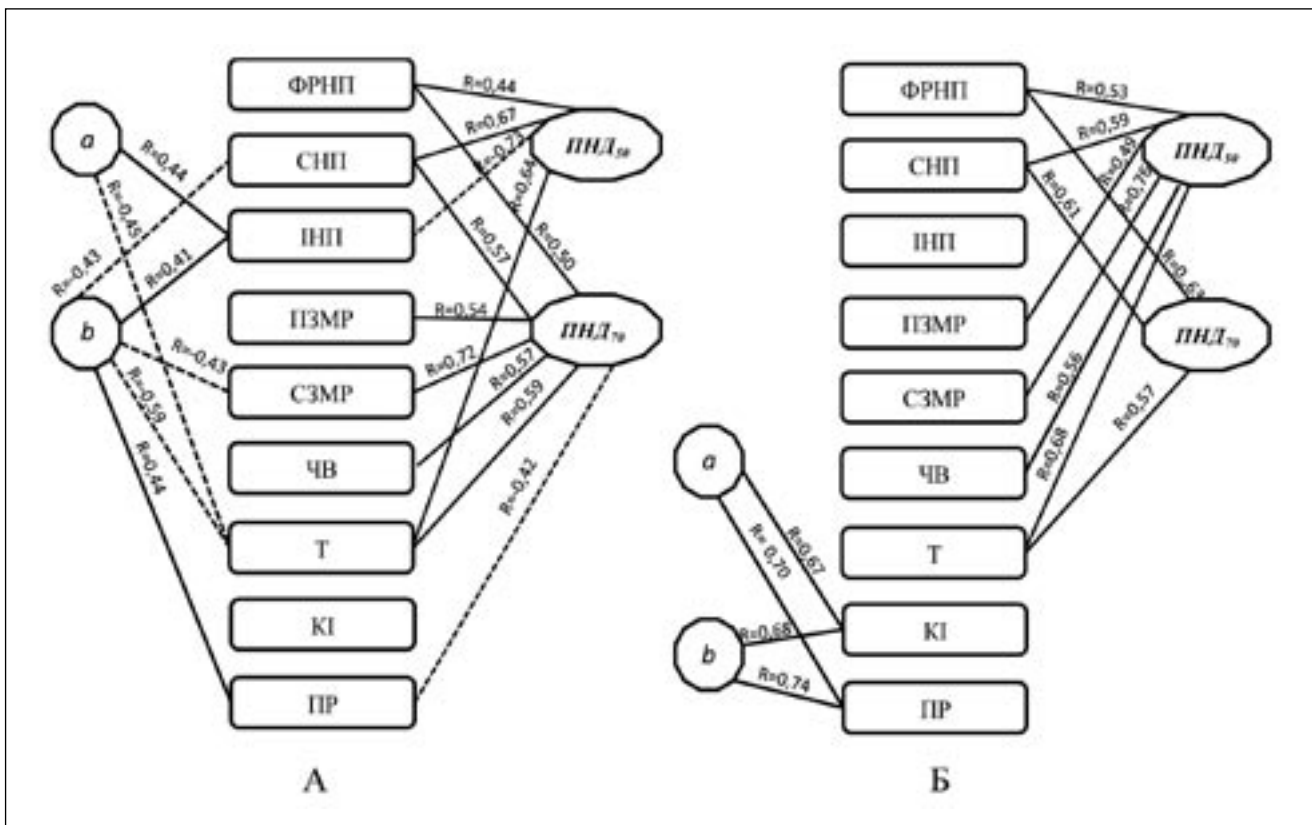


Рис. 3. Структура зв'язків психофізіологічних характеристик підгруп з різним рівнем надійності (А – підгрупа 1, Б – підгрупа 2) з коефіцієнтами a та b , а також з ПНД₅₀ та ПНД₇₀.

R – значення коефіцієнтів кореляції Спірмена (неперервна лінія – позитивний R ; штрихова – негативний R); ФРНП – функціональна рухливість нервових процесів; СНП – сила нервових процесів; ІНП – інерційність нервових процесів; ПЗМР – латентний період простої зорово-моторної реакції; СЗМР – латентний період складної зорово-моторної реакції; ЧВ – час вибору (швидкість центральної переробки інформації); Т – загальний час тестування зі зворотним зв'язком; КІ – індекс кольорової асиметрії; ПР – відсоток вірних відповідей при тестуванні зі зворотним зв'язком.

Аналізуючи отримані структури зв'язків потрібно зазначити, що у осіб з «великим» рівнем надійності діяльності коефіцієнти a та b різноспрямовано пов'язані з показниками, які віддзеркалюють достатньо «довготривалі» (з дуже повільною швидкістю зміни рівня) процеси в нервовій системі. Це сила (*СНП*) та інерційність (*ІНП*) нервових процесів, рівень концентрації уваги (T). Причому сила зв'язку між аналізованими параметрами є середньою (коливання значень коефіцієнтів кореляції в діапазоні 0,41–0,59). З іншого боку, для підгрупи з «низькою» надійністю діяльності a та b мають більш тісні зв'язки (діапазон коливань коефіцієнтів кореляції 0,67–0,74) з KI (віддзеркалює рівень функціонального стану оператора) та PP . Це свідчить про підсилення впливу функціонального стану на надійність операторських дій саме у осіб з «низькою» надійністю діяльності. Крім того, параметр b , який безпосередньо поєднаний з експозицією перероблюваного сигналу – τ (див. формулу логістичної функції) у осіб підгрупи з «великим» рівнем надійності діяльності має більш широке «представництво» зв'язків з психофізіологічними характеристиками, ніж у осіб підгрупи з «низькою» надійністю діяльності, що нашою думкою про існування різних механізмів забезпечення надійності діяльності у представників підгруп 1 та 2.

Що стосується аналізу структури зв'язків психофізіологічних показників з параметрами індивідуальних «особливих» точок, то тут можна дати наступні коментарі (рис. 3). Для точки, що характеризує рівновагу між числом правильних і помилкових дій ($ПНД_{50}$) специфічним є збільшення (у 1,5 рази) кількості зв'язків з психофізіологічними функціями у осіб з «низькою» надійністю діяльності. Мабуть, в достатньо критичній ситуації, коли число помилок і правильних дій врівноважується, тобто відповіді оператора мають максимально хаотичний характер (вірогідність появи будь-якої відповіді дорівнює 0,5) особи з «низькою» надійністю діяльності мають опиратися на значно більш широкий спектр функцій свого організму, ніж особи з «великою» надійністю діяльності, що свідчить про відчутне зниження рівня функціональних резервів організму у останніх.

У випадку з показником $ПНД_{70}$, що визначає швидкість переробки інформації в умовах прояву максимального ступеня свободи дій оператора, потрібно зауважити наступне. Оператори з «великою» надійністю діяльності мають більш широке представництво зв'язків з психофізіологічними функціями (більш ніж в 2 рази), ніж оператори

з «низькою» надійністю. Зважаючи на те, що різноманітність відповідей операторів підгрупи 1 в цій точці більш ніж в два рази вище, ніж в операторів підгрупи 2 (рис. 1) можна констатувати, що для даного контингенту (підгрупа 1) забезпечення правильності дій базується на залученні широкого комплексу функцій нервової системи. Для осіб підгрупи 2 таке залучення мабуть утруднюється внаслідок погіршення функціонального стану.

Знайдені закономірності не мають абсолютного характеру, оскільки надійність діяльності формується під впливом багатьох чинників. Проте, на нашу думку, широке обговорення описаних феноменів з позицій нового погляду на оцінку якості діяльності оператора з допомогою *ПНД* дасть певний поштовх для вирішення обговорюваної проблеми.

Підсумовуючи наведені дані необхідно відзначити, що пошук нових більш точних методів оцінки і прогнозування надійності операторської діяльності є важливим завданням сучасних дослідників. Описані в даній роботі підходи дозволяють по-новому розглядати проблему надійності, витягаючи з наявних даних не усереднену, а більш точну інформацію про процеси забезпечення належної надійності операторської діяльності. Вони є важливими для з'ясування можливостей оператора виконувати роботу щодо прийняття рішень у різних умовах діяльності, що може бути використане для проведення професійного добору, допуску людини до роботи (предзмірний контроль), допуску до робіт з підвищеною небезпекою в умовах розвитку надзвичайних ситуацій та ін. Аналіз *ПНД* кожного оператора при моделюванні його діяльності відкриває широкі перспективи в розумінні поведінки людини в різних ситуаціях і забезпечує точнішу оцінку надійності його роботи.

Висновки

1. Сформульовано новий підхід до аналізу надійності діяльності оператора, що включає оцінку профілю надійності діяльності, отриманого з використанням широкого спектру рівнів складності виконуваних завдань.

2. Відмічено наявність неоднакових психофізіологічних механізмів забезпечення надійності діяльності у осіб з суттєво різним рівнем якості виконання завдань.

3. Запропоновано алгоритм оцінки рівня надійності діяльності, заснований

на виділенні «нормативної» («високої» і «задовільної») області надійності роботи операторів та застосовуванні коефіцієнтів індивідуального профілю надійності діяльності.

Література

1. Акмеология / под ред. Деркача А. А. – М.: РАГС, 2006. – 424 с.
2. Астафьев А. К. Философские аспекты синтеза понятий в технике и биологии (на примере теории надежности). – Л.: Изд-во ЛГУ, 1978. – 102 с.
3. Ахутин В. М. Деятельность А. И. Берга в области бионики и биомедицинской кибернетики // Радиотехника и связь. – 1993. – №1. – С. 13–16.
4. Войтенко А. М. Психофизиологический анализ причин ошибочных действий человека-оператора // Вестник Балтийской Педагогической Академии. – 2006. – Вып. 69 – С. 49–57.
5. Дикая Л. Г. Проблемы современной психологии труда // Психологический журнал. – 1992. – № 3. – С. 24–41.
6. Єна Т. А. Гігієнічна і психофізіологічна оцінка професійної діяльності диспетчерів енергосистем // Укр. журн. з пробл. медицини праці. – 2008. – Т.13, №1. – С.13–19.
7. Єна Т. А., Кальниш В. В. Професійно важливі якості диспетчерів енергосистем // Український журнал з проблем медицини праці. – 2010. – № 4(24). – С. 11–20.
8. Кальниш В. В., Шведь А. В., Левіт Й. Р. Гендерні особливості надійності операторської діяльності // Журнал Академії медичних наук України. – 2009. – Т.15, №4. – С. 755–768.
9. Кочина М. Л., Фирсов А. Г. Многофункциональный прибор для проведения психофизиологических исследований // Прикл. радиоэлектроника. – 2010. – Т.9, № 2. – С. 260–265.
10. Пушкин В. Т. Проблема надежности. – М.: Наука, 1971. – 189 с.
11. Шведь А. В., Кальниш В. В. Особливості впливу різних психофізіологічних станів на надійність операторської діяльності // Військова медицина України. – 2009. – № 1. – С. 84–91.
12. Age Characteristics of the Speed of Central Information Processing in Persons with Different Levels of Functional Mobility of Nervous Processes / M. V. Makarenko, V. S. Lizogub, T. V. Kozhemyako, N. F. Chernenko // International Journal of Physiology and Pathophysiology. – 2011. – V.2, №4. – P. 335–341.
13. Dual-task performance in multimodal human-computer interaction: a psychophysiological perspective / D. Novak, M. Mihelj, M. Munih // Multimedia Tools and Applications. – 2012. – V. 56, № 3. – P. 553–567.
14. Himma, K.E. The concept of information overload: A preliminary step in understanding the nature of a harmful information-related con-

- dition. // Ethics and Information Technology. – 2007. – V.9. – P. – 259–272.
15. Kalnysh V. V., Shvets A. V. Effect of intense 24-hour shift work on reliability of operators' activity // Human Physiology. – 2012. – Vol. 38, №. 3. – P. 294–302.
 16. Lewicki P., Hill Th. STATISTICS Methods and Applications. A comprehensive reference for science, industry, and data mining. – Tulsa OK, USA: StatSoft Inc., 2006. – 832 p.
 17. Psychophysiological Evaluation of Task Complexity and Cognitive Performance in a Human Computer Interface Experiment / William M. Mount, Deborah C. Tuček, Hussein A. Abbass / Neural Information Processing: Lecture Notes in Computer Science // 19th International Conference, ICONIP 2012, Doha, Qatar, November 12–15, 2012. – 2012. – V.7663. – P. 600–607.
 18. Queuing Network Modeling of a Real-Time Psychophysiological Index of Mental Workload–P300 in Event-Related Potential (ERP) / Changxu Wu, Yili Liu, C. M. Quinn-Walsh // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part A: Systems and Humans. – 2008. – V. 38, №5. – P. 1068–1084.
 19. Theerasak P. Information overload among professionals in Thailand // Journal of Information Technology Impact. – 2010. – Vol. 10, №.3. – P. 171–200.

Peculiarities of operator's activity quality estimation using reliability's profile

V. Kalnysh, A. Shvets

Ukrainian military medical Academy, Kyiv

Abstract

In this study the new approach to definition of operator' activity reliability

using the reliability profile construction for each operator has been offered at the modeling of his professional duties information components. It was shown, that the reliability profile usage of operators' activity opens new and wide prospects in understanding of human behavior within various situations of his professional activity and provides exacter estimation of job reliability.

Key words: profile of operators' activity reliability, psychophysiological characteristics, signalmen.

Особенности оценки качества операторской деятельности с использованием профиля надежности

V. V. Кальниш, А. В. Швец

Украинская военно-медицинская академия, Киев

Резюме

В работе предложен новый подход к определению надежности операторской деятельности с помощью построения профиля надежности каждого оператора при моделировании информационной составляющей его профессиональных обязанностей. Показано, что использование профиля надежности операторской деятельности открывает новые и широкие перспективы в понимании поведения человека в различных ситуациях его профессиональной деятельности и обеспечивает более точную оценку надежности работы.

Ключевые слова: профиль надёжности операторської діяльності, психофізіологічні характеристики, радіотелеграфісти.

Листування

д.б.н., професор **В. В. Кальниш**
Українська військово-медична академія

вул. Саксаганського, 75

Київ, 01033, Україна

тел.: +380 (44) 2894605

ел. пошта: kalnysh@mail.ru